

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 22.8.2003

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant **Neuromag Oy**  
**Helsinki**

Patenttihakemus nro  
Patent application no **20010558**

Tekemispäivä  
Filing date **19.03.2001**

Kansainvälinen luokka  
International class **G01B**

Keksinnön nimitys  
Title of invention

**"Kappaleiden paikannus"**

Hakemus on hakemusdiaariin **19.05.2002** tehdyn merkinnän mukaan siirtynyt **4-D Neuroimaging Oy:lle**, kotipaikka **Helsinki**.

The application has according to an entry made in the register of patent applications on **19.05.2002** been assigned to **4-D Neuroimaging Oy, Helsinki**.

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
**Pirjo Kaila**  
**Tutkimussihteeri**

Maksu 50 €  
Fee 50 EUR

*Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.*

*The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.*

---

Osoite:	Arkadiankatu 6 A	Puhelin:	09 6939 500	Telefax:	09 6939 5328
	P.O.Box 1160	Telephone:	+ 358 9 6939 500	Telefax:	+ 358 9 6939 5328
	FIN-00101 Helsinki, FINLAND				

## KAPPALEIDEN PAIKANNUS

## KEKSINNÖN ALA

Esillä oleva keksintö liittyy kappaleiden paikannukseen. Erityisesti esillä olevan keksinnön kohteena on uusi ja parannettu menetelmä kappaleiden paikan ja asennon määrittämiseksi toistensa suhteen sähkömagneettisten signaalien avulla.

## KEKSINNÖN TAUSTA

10 Sähkömagneettisiin signaaleihin perustuvaa paikannusmenetelmää on kuvattu hyvin yleisellä, sovel-  
lutuskohteesta riippumattomalla tavalla mm. patentti-  
julkaisuissa US5747996, US4346384 ja DE3326476. Erääs-  
sä sovelluksessa laitteeseen kuuluu joukko signaali-  
15 lähteitä, joukko vastaanottimia ja yksi tai useampi  
signaaligeneraattori, jolla generoidaan joukko aika-  
muodoltaan tunnettuja lähetinsignaaleita lähetettäväk-  
si signaalilähteillä. Lisäksi mainituissa patenttijul-  
kaisuissa on kuvattu analyysimenetelmä vastaanottimien  
20 ulostulosignaalien käsittelemiseksi ja niiden käyttä-  
miseksi kappaleen paikan laskemisessa suhteessa toi-  
seen kappaleeseen. Yhteistä patenttijulkaisuissa kuva-  
tuille laitteille on, että signaalilähettimet on kiin-  
nitetty kappaleeseen geometrisesti melko tiukasti ra-  
25 joitetulla tavalla.

Patenttijulkaisussa US5747996 ja US4346384  
vaaditaan lisäksi, että signaalilähteet ovat keskenään  
ortogonaaliset. Ortogonaalisuuden ansiosta signaali-  
lähteiden lähettämien signaalien välillä ei ole korre-  
laatiota eli signaalit eivät vaikuta toisiinsa paikan-  
nusta häiritsevästi. Patenttijulkaisussa US5747996  
30 vaaditaan lisäksi, että vastaanottimet ovat samaan ta-  
soon sijoitettuja keloja. Geometrisilla vaatimuksilla  
pyritään helpottamaan ja nopeuttamaan signaalianalyy-

siä ja poistamaan mahdollisia paikannustulokseen vaikuttavia virhelähteitä.

Kohdekappaleen koordinaatistossa tunnettujen signaalilähteiden käyttöön perustuvaa paikannusmenetelmää käytetään esimerkiksi magnetoenkefalografiassa (MEG), jossa mitataan ihmisen tai muun eliön hermostoiminnoista peräisin olevia heikkoja, ajasta ja paikasta riippuvia magneettikenttiä. Mitattujen magneettikenttärvojen perusteella pyritään paikantamaan lähdealueet, jotka synnyttivät havaitun kentän. Magnetoenkefalografiassa koehenkilön pää on mahdollisimman lähellä erittäin herkistä suprajohtavista antureista koostuvaa anturi- eli vastaanotinjoukkoa, jonka geometria tunnetaan. Pään paikka mittalaitteen suhteen määritetään käyttäen tunnettuina signaalilähteinä pieniä pään pinnalle kiinnitettyjä keloja, joiden tuottamaa magneettikenttää voidaan approksimoida magneettisen dipolin kentällä.

Vastaanottimina käytetään mittalaitteen mitausantureita, joita käytetään myös varsinaisten mitattavien aivosignaalien vastaanottamiseen ja mittaukseen. Menetelmän peruseriaatteet on selostettu esimerkiksi julkaisuissa SQUID'85: Superconducting Quantum Interference Devices and their Applications, 1985, ss. 939-944 sekä Proceedings of the 7th International Conference on Biomagnetism, 1989, ss. 693-696.

Varsinaiset MEG-mittaukset toteutetaan yleensä toistomittauksina, joissa esimerkiksi tiettyä ärsykettä seuraavaa aivojen tuottamaa vastetta mitataan useita kertoja peräkkäin, ja lasketaan ärsykkeen suhteen aikalukittujen mittaustulosten keskiarvo. Käytettäessä mittaustulosten keskiarvoa, voidaan kohinan vaikutus vaimentaa tekijällä, joka on kääntäen verrannollinen toistojen lukumäärän neliöjuureen. Toistomittauksen eräs ongelma on niiden pitkä kesto, minkä vuoksi koehenkilön pää saattaa liikkua mittauksen ai-

kana. Tästä automaattisesti seuraa, että aivojen tuottaman vasteen lähteen paikka muuttuu mittalaitteen suhteen kesken mittauksen ja aiheuttaa siten virhettä lopulliseen analyysiin.

5 Perinteisesti pää on paikannettu ainoastaan mittauksen alussa siten, että kukin päänpaikannuskela on aktivoitu ja syntynyt magneettikenttä mitattu yksitellen, jolloin paikannusmenetelmä on ollut verrattain hidas. Paikannuksen jälkeen koehenkilöä on pyydetty  
10 pitämään pää mahdollisimman liikkumatta toistomittauksen loppuun asti.

Mittauksen aikaisesta pään liikkeestä aiheutuvat virheet voidaan välttää jatkuvalla paikanmittauksella. Tällöin mittalaitetta on voitava käyttää  
15 samanaikaisesti myös muiden kuin paikannuksessa tuotettavien lähetinsignaalien mittaamiseen. Eräs tapa eliminoida lähetinsignaalien vaikutus mitattavaan hyötysignaaliin eli aivojen tuottamaan vastesignaaliin on asettaa lähetinsignaalien taajuudet kauaksi tutkittavalta taajuuskaistalta ja suodattaa mittausdataa sopi-  
20 vasti taajuustasossa. Tällainen ratkaisu esitetään julkaisussa Biomag2000, 12th International Conference on Biomagnetism, Book of Abstracts, s. 188, Peters, H. et al. Toinen ratkaisu on lähetinsignaalien suodattaminen vastaanottimien ulostulosignaaleista vähentämäl-  
25 lä lähetinsignaaleja vastaavat osuudet mitatuista signaaleista, jolloin täytyy tuntea mitattavien lähetinsignaalien voimakkuudet ja aaltomuodot.

Pyrittäessä paikantamaan kappaletta jatkuvasti tai toistuvasti lyhyin väliajoin on signaalilähet-  
30 timet aktivoitava yhtä aikaa ja pystyttävä erottamaan samanaikaiset, eri lähettimien synnyttämät komponentit mittaussignaaleista. Menetelmän tulisi erottaa taajuuskomponentit mahdollisimman tehokkaasti ja tarkasti  
35 käyttäen mahdollisimman lyhyttä tiedonkeruuaikaa. Yleisesti käytetyssä erotusmenetelmässä taajuudet ja

tiedonkeruu aika sovitetaan siten, että signaalikomponentit ovat keskenään ortogonaaliset tarkasteltavalla aikavälillä. Jos lähetinsignaalin vaihe tunnetaan, niin kunkin signaalikomponentin amplitudi saadaan suoraan laskemalla mittaustuloksista koostuvan signaali-vektorin projektio tutkittavaa signaalikomponenttia vastaavalle kantavektorille, joka koostuu taajuudeltaan tunnetun kantafunktion laskennallisista arvoista. Kantavektoreiden ortogonaalisuuteen perustuvia sovelluksia on kuvattu mm. julkaisussa "The use of an MEG device as a 3D digitizer and a motion correction system", de Munck et al Proceedings of the 12th International Conference on Biomagnetism, Helsinki, Finland. Tässä kuvauksessa epäortogonaalisuuden vaikutus on otettu huomioon periaatteellisella tasolla. Kuvatussa paikannusmenetelmässä lähetinsignaalien ortogonali-sointi kuitenkin vähentää oleellisesti paikannukseen liittyvän laskennan määrää, joten käytännön toteutuksessa lähetinsignaalit on ortogonalisoitu.

Ortogonaalisuusvaatimus asettaa rajoituksia käytettäville taajuuksille sekä tiedonkeruujalle ja lisäksi ortogonaalisuusoletus epäortogonaalisille signaaleille aiheuttaa suuria virheitä laskettuihin amplitudikertoimiin ja täten myös paikannukseen. Edellä kuvatussa signaalianalyysissä pyritään käyttämään mahdollisimman lyhyeltä aikaväliltä kerättyjä signaaleja, jotta paikannus olisi mahdollisimman reaaliaikaista ja kappaleiden liike olisi mahdollisimman vähäistä paikannusmittauksen tiedonkeruun aikana. Luotettavia paikannusmittauksia on tehty magnetoenkefalografiassa käyttäen ainoastaan 100 ms:n pituista tiedonkeruu-aikaa.

Tällaisellakin aikavälillä voivat kappaleet kuitenkin liikkua, mikä huonontaa paikannustulosta. Kappaleiden mahdollisesti suuren liikkeen vuoksi vastaanottimien mittaamien signaalien voimakkuudet saat-

tavat vaihdella nopeasti havaittavissa olevan signaalin alarajalta aina vastaanottimien dynaamisen alueen ylärajoille asti. Vaihtelu voi olla merkittävää erityisesti pienillä etäisyyksillä, sillä mitatun signaalin voimakkuus on kääntäen verrannollinen kappaleiden etäisyyden kolmanteen potenssiin. Tämän lisäksi samoja lähettämiä saatetaan eri mittauksissa käyttää hyvin erikokoisilla ja vastaanottimiin nähden erilaisilla etäisyyksillä sijaitsevilla kappaleilla. Erilaisissa tilanteissa tehtävien mittausten toistuva onnistuminen edellyttää, että vastaanottimien mittaamien lähetinsignaalien voimakkuudet pysyvät jatkuvasti tiettyjen rajojen sisällä. Ongelma on ratkaistu käyttämällä säätöalgoritmia, joka ohjaa lähettimien tehoa siten, että kaikkien vastaanottimien mittaamien signaalien amplitudit pysyvät jatkuvasti jonkin tietyn alarajan yläpuolella ja jonkin tietyn ylärajan alapuolella. Lähetinsignaalien takaisinkytkentää on kuvattu esimerkiksi patenttijulkaisussa US5747996.

20

#### KEKSINNÖN TARKOITUS

Keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä mainitut epäkohdat tai ainakin merkittävästi lieventää niitä. Erityisesti keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin uudentyyppinen menetelmä paikannusmittauksen toteuttamiseksi mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Lisäksi keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin mittausmenetelmä, joka on laskennallisesti yksinkertainen ja tehokas ja jossa signaalilähteiden epäortogonaalisuudesta ei ole haittaa lopputuloksen tarkkuuteen. Edelleen keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin laskentamenetelmä, jolla voidaan lähes reaaliaikaisesti laskea kohdekappaleen paikka ja siten eliminoida kohdekappaleen liikkeestä aiheutuneet virheet varsinaiseen mittaukseen, esimerkiksi magnetoenkefalografiassa. Edelleen keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin uudenlai-

nen laskennan korjausmenetelmä, jolla mitatut amplitudijakaumat voidaan korjata epäortogonaalisuudesta ja mahdollisista muista häiriöistä johtuvien virheiden poistamiseksi signaalille määritetystä amplitudista tai amplitudijakaumasta riippuen vastaanottimien määrästä.

#### KEKSINNÖN KUVAUS

Keksinnön kohteena on menetelmä, jonka avulla kappaleen paikka ja asento voidaan määrittää toisen kappaleen suhteen sähkömagneettisten signaalien avulla. Keksinnön mukaisessa järjestelyssä on kaksi kappaletta, joista toiseen kappaleeseen on kiinnitetty signaalilähteitä eli lähettämiä, jotka tuottavat sähkömagneettisia signaaleja, ja toinen kappale sisältää yhden tai useampia vastaanottimia lähetinsignaalien mittaamista varten. Yleensä lähettämiä käsittävä kappale on se, jonka paikka tai asento kiinnostaa ja on mittauksen kohteena. Esimerkiksi biomagneettisissa mittauksissa lähettämiin liittyvä kappale on ihmisen pää tai muu kehon rajattu osa, jonka pinnalle lähetimet sijoitetaan. Keksinnön mukaisella järjestelyllä voidaan pää paikka ja asento selvittää, jolloin aivojen tuottamien signaalien lähdealueet voidaan ilmaista pää koordinaatistossa. Samoilla vastaanottimilla mitataan sekä aivojen että lähettimien tuottamia signaaleita.

Lähetinkappaleen koordinaatistossa tunnetuissa paikoissa sijaitsevat signaalilähetimet voidaan 30 aktivoida tuottamaan samanaikaisesti tai vuorotellen eritaajuisia signaaleja siten, että taajuudet ja aaltomuodot ovat vapaasti valittavissa. Tämän ansiosta lähettämiin liittyvät järjestelyt, esimerkiksi geometrian ja käytettyjen signaalien suhteen, tulevat huomattavasti aikaisempaa yksinkertaisimmiksi. Eri lähettimien tuottamien signaalien amplitudit mitataan toi-

sen laitteen vastaanottimilla, joiden keskinäinen geometria on joko ennalta tunnettu tai tulee määritettyä paikannuksen aikana. Varsinaisten mittausten kannalta riittää, että pystytään selvittämään lähettimien ja vastaanottimien keskinäinen geometria, koska lähettimien sijoittelu kohdekappaleessa yleensä tunnetaan. Siten tunnettaessa vastaanottimien ja lähettimien geometria sekä lähettimistä lähetettyjen signaalien amplitudijakauma vastaanottimilla kohdekappaleesta mitatut varsinaiset kohdesignaalit ja niiden lähtöpiste voidaan paikantaa suhteessa lähettimiin ja siten myös suhteessa kohdekappaleeseen.

Keksintö perustuu kappaleeseen kiinnitettyjen sähkömagneettisten tai akustisten lähettimien tuottamien ja toisen kappaleen vastaanottimien mittaamien signaalien käyttöön analyysissä, jonka tuloksena kappaleiden suhteellinen paikka tai asento tai molemmat voidaan laskea. Paikannus voi olla jatkuvaa käyttäen nopeaa amplitudien laskentamenetelmää ja peräkkäisissä mittauksissa mahdollisesti osittain ajallisesti päällekkäin olevia mitattujen signaaliarvojen muodostamia vektoreita.

Keksinnön mukaisessa paikannusmenetelmässä sallitaan epäortogonaaliset lähetinsignaalien kantavektorit, jolloin lähetettävien signaalien taajuudet, aaltomuoto ja tiedonkeruu aika voidaan valita varsin vapaasti. Laskennassa käytettävä kantavektorisätuloilla painotettu epäortogonaalinen projektio menetelmä on laskennallisesti hyvin nopea ja tarkka operaatio verrattuna muihin käytettyihin signaalianalyysimenetelmiin. Toisin kuin edellä mainituksa de Munckin artikkelissa, tässä keksinnössä lähetinsignaalien epäortogonaalisuuden aiheuttaman lisälaskennan määrä on käytännössä merkityksetön. Menetelmässä voidaan käyttää lähetinsignaaleja, joiden vaiheet ovat tuntemattomia. Tällöin vaiheet voidaan ratkaista



laskemalla amplitudit sopivasti valituille kantavektoreille, joilla saa olla vaihe-ero varsinaisiin lähettimen kantavektoreihin nähden.

Keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan edelleen estimoida lähetinsignaalien lisäksi tunnettujen häiriölähteiden amplitudeja, jolloin niiden häiritsevä vaikutus voidaan poistaa. Tällaisia häiriöitä ovat erityisesti verkkotaajuuden perustaajuus ja sen harmoniset komponentit.

Jotta mitattujen ja laskettujen amplitudi-  
yhteensovitus olisi mahdollisimman tarkka, tarvitaan tietoa kanavilla esiintyvistä häiriöistä ja kohinasta. Koska nämä voivat vaihdella ajan funktiona, on edullista mitata kyseiset parametrit paikannusmittauksen yhteydessä. Tämä voidaan toteuttaa vähentämällä mitatuista signaaleista estimoidut signaalit ja käyttämällä jäljelle jääneen signaalin tehoa jollakin taajuuskaistalla.

Keksinnön erään sovelluksen mukaisesti voidaan estimoida signaalikomponentteja, jotka poikkeavat varsinaisista lähettimien tai tunnettujen häiriölähteiden synnyttämistä estimoitavista signaalimuodoista.

Vastaanottimia voidaan käyttää paikannusmittauksen aikana mittaamaan myös muita signaalilähteitä kuin lähetinsignaaleja. Tämä toteutetaan vähentämällä laskettujen lähetinsignaaliampplitudi-  
osuuksien kunkin vastaanottimen ulostulosignaalista kullakin ajanhetkellä. Keksinnön ansiosta vähentäminen onnistuu aikaisempaa paremmin, koska signaalien amplitudi-  
jen ja vaiheen estimointi on tarkempaa kuin aiemmin tunnetuissa laitteissa. Suodatus mahdollistaa jatkuvan paikannuksen, kun mitataan myös muita signaaleita kuin lähetinsignaaleita.

Vastaanottimissa havaittavien lähetinsignaaliampplitudi-  
voimakkuuksia voidaan säätää takaisinkytkennällä, jossa otetaan huomioon koko vastaanotin-

joukon mittaamat signaalit. Näin varmistetaan riittävä signaalikohinasuhde kaikissa mittaustilanteissa.

Keksinnön mukaisen paikannuksen tarkkuutta voidaan parantaa mittaamalla signaalin häiriötaso vähentämällä mitatuista signaaleista tunnettujen kantasisignaalimuotojen avulla määritetyt signaalit. Tällöin jäljelle jäävä erosignaali kertoo siitä, kuinka luotettava kukin estimaatti on, ja tätä tietoa voidaan käyttää sovituksen tarkentamiseen ottamalla siinä kohinasuhde huomioon. Häiriötaso voidaan myös mitata esimoimalla signaali tai signaaleja, jotka eroavat lähetinsignaalien ja tuntemiemme, esimerkiksi verkkotajuushäiriön, häiriöiden muodoista. Estimoimalla tällaiselle signaalille amplitudin keksinnön mukaisella menetelmällä saadaan tietoa siitä, kuinka paljon oletettu signaaliavaruuden malli poikkeaa todellisuudesta.

Esillä olevan keksinnön etuna tunnettuun tekniikkaan verrattuna on, että keksinnön mukaisella järjestelyllä tietyn lähetinjoukon lähettämien ja tietyllä vastaanotinjoukolla, yhdellä tai useammalla vastaanottimella vastaanotettujen signaalien amplitudijakaumien selvittäminen tulee aikaisempaa tarkemmaksi ja tehokkaammaksi. Samaten keksinnön ansiosta lähetettävien signaalien valinta tulee aikaisempaa merkittävästi vapaammaksi erityisesti taajuuden ja vaiheen suhteen. Signaalien ei keksinnön ansiosta tarvitse olla keskenään ortogonaalisia.

Edelleen keksinnön ansiosta voidaan ottaa huomioon esimerkiksi MEG-mittauksissa pään mahdolliset liikkeet varsinaisen hyötysignaalin mittauksen aikana. Lisäksi keksintö mahdollistaa ulkoisten virhelähteiden eliminoinnin hyötysignaalin mittaustulosten tarkkuuden parantamiseksi.

Edelleen keksinnön mukainen menetelmä ja laitte ovat helposti muunneltavia ja keksinnössä toteutet-

tava korjauslaskenta voidaan toteuttaa kulloinkin parhaiten sopivassa mittaus- ja laskentavaiheessa.

# KEKSINNÖN YKSITYISKOHTAINEN SELOSTUS

5 Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisen sovellusesimerkin avulla viittaamalla oheiseen piirustukseen, joka esittää kaaviomaisesti erästä keksinnön mukaista mittauslaitejärjestelyä.

Seuraavassa kuvataan yksityiskohtaisesti keksinnön eräs toteutustapa. Piirustuksessa esitetään periaatteellisella tasolla keksinnön mukainen mittausjärjestely, johon kuuluu lähetinosa  $g_1, \dots, g_n$  ja vastaanotinrakenne, johon kuuluu joukko vastaanottimia 1, ..., K. Piirustuksessa esitetään ainoastaan yksi vastaanotinantenni, mutta ammattimiehelle on selvää miten useamman antennin järjestely toteutetaan piirustuksen mukaisena. Vastaanottimella mitataan lähetinsignaalien  $c_{1k}, c_{2k}, \dots, c_{nk}$  ja mahdollisen häiriön  $\eta_k$  amplitudit. Signaalien merkinnöissä parametri k viittaa yhdestä lähetetystä signaalista saatavaan k mittauksitulokseen johtuen siitä, että kukin signaali vastaanotetaan lähtökohtaisesti k:lla vastaanottimella.

Lisäksi piirustuksessa esitetään lähettämiä ohjaava takaisinkytkentä AGC, jolle syötteenä on lopulliset mitatut signaaliampplitudit  $\hat{u}_k$ . Saatujen amplitudien perusteella takaisinkytkentä ohjaa lähettimien lähetystehoa niin, että signaali-kohinasuhde pysyy koko ajan halutulla tasolla parhaan mahdollisen mittauksituloksen saavuttamiseksi. Edelleen piirustuksessa esitetään suodatin AF, joka on järjestetty vastaanottimien 1, ..., k, ja mittauslaitteen lähdön väliin lähettimillä lähetettyjen signaalien suodattamiseksi varsinaisesta hyötysignaalista  $s_k(t)$ .

Mittausjärjestelyssä on siis edellä esitetyn mukaisesti K vastaanotinta sisältävä mittalaite, jota eksitoidaan samanaikaisesti N:llä paikannettavaan kap-

paleeseen kiinnitetyllä signaalilähteellä  $g$ . Vastaan-  
 ottimella  $k$  kerätään signaalia aikavälin  $T$  yli, ja eri  
 lähettimiin  $g$  liittyvien signaalikomponenttien  $e_1(t)$ ,  
 ...,  $e_M(t)$  ( $M > N$  kun halutaan estimoida lähetinsignaaleista  
 5 muutamakin kuin niiden peruskomponentteja  $1, \dots, N$ )  
 amplitudien mittaamista varten projisoidaan aluksi  
 eri ajanhetkiltä kerätystä signaaliarvoista koostuva  
 signaalivektori eri taajuuksia vastaaville  
 kantavektoreille sekä näiden kanssa samalla taajuudel-  
 10 la oleville kantavektoreille, joilla on noin 90 asteen  
 vaihe-ero edellisiin kantavektoreihin nähden.

Piirustuksessa projektoiden laskemista on  
 kuvattu jatkuvien funktioiden tapaan mitatun signaalin  
 ja kantafunktioiden tulojen määrätyillä integraaleilla  
 15 ajan  $T$  yli. Huomattakoon, että digitaalisessa toteu-  
 tuksessa käytetään integroinnin tilalla numeerisena  
 integrointina summausta, joka on oikeastaan jatkuva-  
 muotoisen integroinnin estimaatti. Digitaalinen toteu-  
 tus ei kuitenkaan mitenkään ole rajattu pois esillä  
 20 olevan keksinnön sovellusmahdollisuuksista.

Haluttaessa integrandia voidaan painottaa  
 jollakin ikkunafunktiolla  $w$ . Projisoinnin jälkeen saa-  
 tu  $M$ -ulotteinen projektiovektori  $u$  korjataan matrii-  
 sillä  $F_2$ , joka on  $(M \times M)$  - ulotteinen kantavektoreista  
 25 riippuva matriisi siten, että  $\hat{u} = F_2 * u$ , jolloin  $\hat{u}$  on  
 lähetinsignaalien ja näiden kanssa 90 astetta eri vai-  
 heessa olevien identtisten signaalien sekä muiden es-  
 timoitavien aaltomuotojen amplitudikertoimet sisältävä  
 vektori.

30 Korjauksen muodollinen matemaattinen peruste-  
 lu on seuraavanlainen. Merkitään eri ajanhetkillä mi-  
 tatusta signaaliarvoista koostuvaa signaalivektoria  
 $s$ :llä ja kantavektorit vaakavektoreina sisältävää mat-  
 riisia  $E$ :llä, jolloin mitattu signaali on muotoa  $s =$   
 35  $E^T * \hat{u}$ , josta saadaan pseudoinverssiratkaisu  $\hat{u} =$   
 $\text{inv}(E * E^T) * E * s = \text{inv}(E * E^T) * u$ , missä  $T$  viittaa matriisiin

transpoosiin ja  $\text{inv}()$  matriisin käänteismatriisiin. Tällöin matriisi  $F_2 = \text{inv}(E \cdot E^T)$  ja  $F_1$  on yksikkömatriisi. Epäortogonaalisuuden vaatima korjaus voidaan tehdä myös yksin kantavektoreille käyttämällä matriiseja  $F_1 = \text{inv}(E \cdot E^T) \cdot E$  ja  $F_2 =$  yksikkömatriisi tai yhdessä sekä kantavektoreille että projektiovektorille siten, että  $F_1$  ja  $F_2$  yhdessä muodostavat korjausoperaation. Eri kanavilla mitattujen signaaliampplitudien perusteella voidaan laskea kappaleiden suhteellinen paikka tai asento tai molemmat.

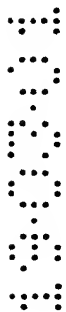
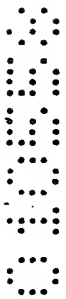
Matriisit  $F_1$  ja  $F_2$  ovat samat kaikille  $K$ :lle vastaanottimelle, joten ainoastaan projektiovektori  $u$  täytyy laskea erikseen eri vastaanottimille, ja täten lähetinsignaalien epäortogonaalisuudesta johtuva lisälaskennan määrä on erittäin pieni. Eri kanavilla mitattujen signaaliampplitudien perusteella voidaan laskea kappaleiden suhteellinen paikka tai asento tai molemmat.

Koska laitteella pystytään mittaamaan mieltä valtaisten signaalikomponenttien amplitudit, voidaan edellä mainitussa kuvauksessa käytetyt paikallaan pysyvän kappaleen synnyttämät signaalit korvata laajemmalla joukolla kantavektoreita, jotka pystyvät esittämään liikkuvan kappaleen synnyttämät aaltomuodot. Liikettä voidaan mallintaa esimerkiksi amplitudimoduloidulla alkuperäistä signaalia vakioista poikkeavilla aaltomuodoilla. Näin voidaan liikkuvakin kappale paikantaa tarkemmin ja siten ottaa huomioon mittauksen aikana kappaleen liikkeestä johtuva signaaliampplitudien muutos.

Suodatin  $AF$  vähentää kullakin ajanhetkellä mitatusta signaalista lähetinsignaalien  $c_1, \dots, c_N$  ja näiden ajassa siirrettyjen vastineiden amplitudit, joten lähettimien signaaleihin perustuva paikannusmittaus ei häiritse yhtäaikaista varsinaista mittausta.

Takaisinkytkentä AGC toteutetaan laskemalla kunkin mitatun lähetinsignaalin RMS-arvot aikaväliltä T yli vastaanotinjoukon 1...K ja säätämällä tämän perusteella yksittäisten lähettimien lähetystehoa siten, 5 että estimoitujen signaalikomponenttien maksimi yli vastaanotinjoukon pysyy suunnilleen vakiona.

Keksintöä ei rajata pelkästään edellä esitettyjä sovellusesimerkkejä koskevaksi, vaan monet muunnokset ovat mahdollisia pysyttäessä patenttivaatimusten 10 määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.



## PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä kappaleen paikan ja/tai asennon määrittämiseen ennalta määrättyssä koordinaatistossa, jossa menetelmässä kappaleeseen on järjestetty joukko  
5 signaalilähteitä kappaleen koordinaatiston suhteen tunnetusti ja jossa

lähetetään signaalilähteistä ennalta määrättyä signaalia,

vastaanotetaan vastaanottimella, johon kuuluu  
10 ainakin yksi signaalivastaanotin, signaalilähteistä lähetetty signaali, ja

lasketaan kappaleen paikka ja/tai asento vastaanotettujen signaalien amplitudien perusteella, tunnettu siitä, että

15 määritetään vastaanotettujen signaalien toisistaan riippumaton amplitudi siten, että laskennallisesti otetaan huomioon lähetettyjen signaalien välinen korrelaatio,

määritetään jokainen signaalilähde erillisenä  
20 riippumattomista amplitudeista, ja

lasketaan kappaleen paikka tarkasteltavalla aikavälillä signaalilähteisiin liittyvien riippumattomien amplitudijakaumien perusteella sovittamalla signaalilähteiden laskennalliset amplitudit vastaanottimella mitattuihin amplitudeihin.  
25

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

sovitetaan amplitudit siten, että asetetaan signaalilähteiden ja/tai vastaanottimen geometriset  
30 vapaat parametrit arvoihin, joilla laskettujen ja mitattujen amplitudijakaumien välinen ero on pienimmillään,

lasketaan signaalilähteiden paikka sekä kappaleen että mittalaitteen koordinaatistossa vapaille  
35 parametreille asetetuista arvoista, ja

lasketaan kappaleen paikka ja/tai asento vastaanottimen suhteen käyttämällä signaalilähteiden tunnettuja paikkoja.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että yksittäisen signaalilähteen määrittämiseksi:

muodostetaan signaalilähdekohtaisesti estimoitavan signaalin ja vastaanottimella vastaanotetun signaalin tulo,

10 integroidaan tulot ennalta määrätyn ajan  $T$  yli alustavan mittaustuloksen saamiseksi signaalilähteiden lähettämien signaalien mitatuille amplitudeille, ja

muodostetaan alustavan mittaustuloksen ja 15 korjauskertoimen tulo, jossa korjauskerroin on eri signaalilähteistä lähetettyjen signaalien välistä korrelaatiota kuvaava suure, vastaanotetun signaalin amplitudin saamiseksi signaalilähdekohtaisesti.

4. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, 20 tunnettu siitä, että

muodostetaan estimoitavan signaalin, korjauskertoimen ja vastaanotetun signaalin tulo, jossa korjauskerroin on eri signaalilähteistä lähetettyjen signaalien välistä korrelaatiota kuvaava suure, ja

25 integroidaan tulot ennalta määrätyn ajan  $T$  yli mittaustuloksen saamiseksi signaalilähteiden lähettämien signaalien mitatuille amplitudeille.

5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

30 muodostetaan estimoitavan signaalin ja valitun kertoimen signaalitulo,

muodostetaan saadun signaalitulon ja vastaanotetun signaalin tulo,

35 integroidaan tulot ennalta määrätyn ajan  $T$  yli alustavan mittaustuloksen saamiseksi signaaliläh-



teiden lähettämien signaalien mitatuille amplitudeille,

muodostetaan alustavan mittaustuloksen ja korjauskertoimen tulo, jossa korjauskerroin on eri signaalilähteistä lähetettyjen signaalien välistä korrelaatiota ja valitun kertoimen vaikutusta kuvaava suure, vastaanotetun signaalin amplitudin saamiseksi signaalilähdekohtaisesti.

6. Jonkin patenttivaatimuksista 3 - 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että painotetaan tulot ikkunafunktiolla  $w$ .

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

lähetetään signaalilähteistä sinimuotoista signaalia; ja että

käytetään laskennassa estimoituna signaalina lähes samanmuotoista signaalia kuin lähetetty signaali.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytetään laskennassa toista lähetetyn signaalin kanssa samalla taajuudella olevaa signaalia, jolla on vaihe-ero estimoituun signaaliin nähden.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että lähetetään signaalit samanaikaisesti kultakin signaalilähteeltä.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

vastaanotetaan vastaanottimella hyötysignaalia, ja

suodatetaan signaalilähteellä lähetetyt signaalit hyötysignaalista.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että estimoidaan signaaleja, jotka vastaavat ennalta määrätyllä tavalla liikkuvaan

kappaleeseen kiinnitettyjen signaalilähteiden signaaleita kappaleen liikkeen estimoimiseksi.

12. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 6 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että toistetaan kappaleen paikan ja/tai asennon määrittäminen suhteellisen paikan määrittämiseksi toistamalla ajallisesti päällekkäisiä mittausjaksoja.

13. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytetään estimoituna signaalina tunnettujen häiriölähteiden signaalimuotoja.

14. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

muodostetaan takaisinkytkentä saaduista amplitudeista signaalilähteisiin, ja

ohjataan signaalilähteiden lähetystehoa takaisinkytkennällä.

15. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 14 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

vähennetään mitatuista signaaleista lasketut signaalit, ja

tarkennetaan mittaustulosta jäljelle jäävän signaalin avulla.

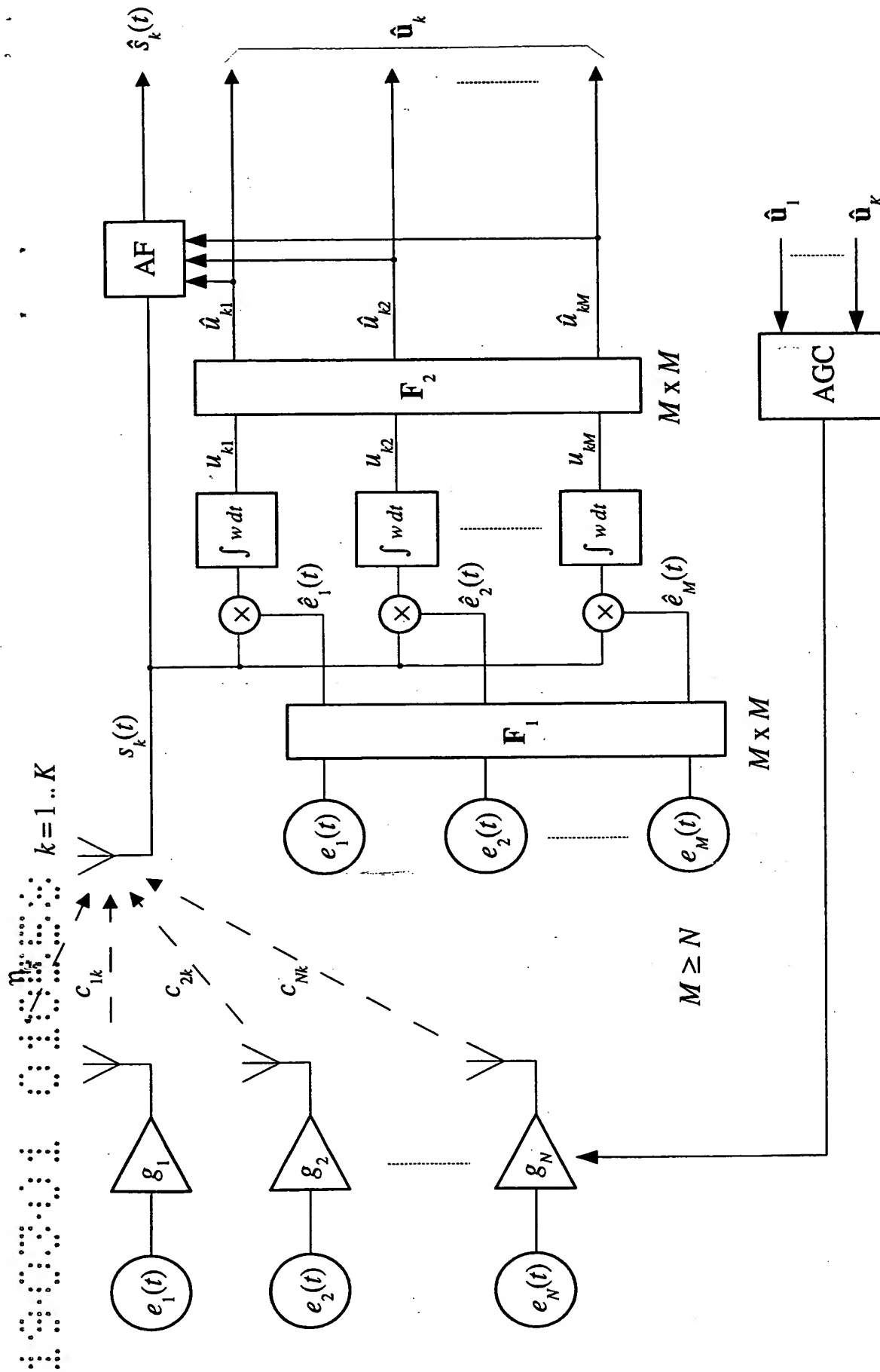
16. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

estimoidaan yksi tai useampi signaali, joka poikkeaa signaalilähteiden tai tunnettujen häiriölähteiden signaaleista, ja

tarkennetaan paikannustulosta saadun mittaus tuloksen avulla.

## (57) TIIVISTELMÄ

Keksinnön kohteena on menetelmä ja laite, joiden avulla kappaleen paikka ja asento voidaan määrittää toisen kappaleen suhteen sähkömagneettisten signaalien avulla. Keksinnön mukaisessa järjestelyssä on kaksi kappaletta, joista toiseen kappaleeseen on kiinnitetty signaalilähteitä eli lähettämiä, jotka tuottavat sähkömagneettisia signaaleja, ja toinen kappale sisältää yhden tai useampia vastaanottimia lähetinsignaalien mittaamista varten. Yleensä lähettämiä käsittävä kappale on se, jonka paikka tai asento kiinnostaa ja on mittauksen kohteena. Esimerkiksi MEG-mittauksissa lähettämiin liittyvä kappale on ihmisen pää, jonka pinnalle lähetimet sijoitetaan. Keksinnön mukaisella järjestelyllä voidaan pään paikka ja asento selvittää, jolloin aivojen tuottamien signaalien lähtöpiste saadaan selville käytettäväksi tutkittaessa aivojen toimintaa. Vastaanottimilla mitataan myös aivojen lähettämiä signaaleita.



KUVA 1  
FIG. 1